

# 151  
5-2-02

Docket No. 212135US2/btm

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Takashi KITAGUCHI, et al.

GAU: 2873

SERIAL NO. 09/920,762

EXAMINER:

FILED: August 3, 2001

FOR: SHAPE MEASUREMENT SYSTEM

JAN 30 2002

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

RECEIVED

APR 30 2002

Technology Center 2600

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

JAPAN

APPLICATION NUMBER

2000-240470

MONTH/DAY/YEAR

August 8, 2000

RECEIVED  
FEB - 1, 2002  
162800 MAIL ROOM

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and  
(B) Application Serial No.(s)
  - ☐ are submitted herewith
  - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

*Surinder Sachar*

Marvin J. Spivak  
Registration No. 24,913



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSM 10/98)

Surinder Sachar  
Registration No. 34,423

09/920,76.

RECEIVED

APR 30 2002

Technology Center 2600



日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月 8日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-240470

出 願 人

Applicant(s):

株式会社リコー

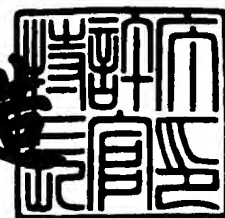
CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

RECEIVED  
FEB - 4 2002  
TC 2800 MAIL ROOM

2001年 8月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3073968

【書類名】 特許願

【整理番号】 0003128

【提出日】 平成12年 8月 8日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G01B 11/24  
G06T 7/00  
G01C 3/06  
G01C 11/06

【発明の名称】 形状計測システムと撮像装置と形状計測方法及び記録媒体

【請求項の数】 20

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内  
【氏名】 北口 貴史

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内  
【氏名】 村田 憲彦

【特許出願人】  
【識別番号】 000006747  
【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代理人】  
【識別番号】 100070150  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 伊東 忠彦

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 002989  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 形状計測システムと撮像装置と形状計測方法及び記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象物を撮像する撮像手段を含み、前記対象物の 3 次元形状を計測する形状計測システムであって、

前記対象物に所定のパターンを有する光を照射する投光手段と、

前記撮像手段が前記対象物を撮像する位置を検出して、前記位置を特定する位置情報を生成する撮像位置特定手段と、

前記位置情報と、前記位置情報により特定される前記位置において撮像された画像とに応じて、前記対象物を構成する各点の 3 次元座標を算出する 3 次元座標算出手段と、

前記光が照射された前記対象物が少なくとも 2 つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいて前記 3 次元座標算出手段によりそれぞれ算出された前記各点に対する少なくとも 2 つの前記 3 次元座標に応じて、前記各点を一つの座標系における座標により表現し合成画像を生成する 3 次元形状合成手段とを備えたことを特徴とする形状計測システム。

【請求項 2】 前記撮像手段の動作タイミングを制御する撮像制御手段と、

前記撮像手段により得られたアナログ信号をデジタル信号へ変換する信号変換手段と、

前記デジタル信号と前記 3 次元座標、及び前記 3 次元形状合成手段により生成された前記合成画像を記憶する記憶手段とをさらに備えた請求項 1 に記載の形状計測システム。

【請求項 3】 前記撮像手段により撮像された前記画像または前記合成画像のうち、少なくともいずれか一方に対して補間処理を実行する補間手段をさらに備えた請求項 2 に記載の形状計測システム。

【請求項 4】 前記 3 次元形状合成手段により得られた前記対象物の座標と、光が照射されていないときに前記撮像手段により撮像された画像とに応じて、前記対象物の 3 次元画像を生成する 3 次元画像生成手段をさらに備えた請求項 1 に記載の形状計測システム。

【請求項 5】 対象物の 3 次元形状を計測する形状計測システムであって、  
前記対象物を撮像すると共に、光学中心が異なる複数の撮像手段と、  
前記対象物に所定のパターンを有する光を照射する投光手段と、  
前記複数の撮像手段が前記対象物を撮像する位置を検出して、前記位置に対応する位置情報を生成する撮像位置特定手段と、  
前記光が照射された前記対象物が前記複数の撮像手段により撮像されることにより得られた複数の画像と、前記撮像位置特定手段により生成された前記位置情報とに応じて、前記画像毎に前記対象物を構成する各点の 3 次元座標を算出する 3 次元座標算出手段と、  
前記 3 次元座標算出手段により算出された前記各点に対する複数の前記 3 次元座標に応じて、前記各点を一つの座標系における座標により表現し合成画像を生成する 3 次元形状合成手段とを備えたことを特徴とする形状計測システム。

【請求項 6】 各々が、対応する前記撮像手段の動作タイミングを制御する複数の撮像制御手段と、

各々が、対応する前記撮像手段により得られたアナログ信号をデジタル信号へ変換する複数の信号変換手段と、

前記複数の信号変換手段により得られたデジタル信号と、前記 3 次元座標算出手段により算出された前記 3 次元座標、及び前記 3 次元形状合成手段により生成された前記合成画像を記憶する記憶手段とをさらに備えた請求項 5 に記載の形状計測システム。

【請求項 7】 対象物を撮像する撮像装置とコンピュータとにより構成され、前記対象物の 3 次元形状を計測する形状計測システムであって、

前記撮像装置は、前記対象物に所定のパターンを有する光を照射する投光手段と、

前記撮像手段が前記対象物を撮像する位置を検出して、前記位置を特定する位置情報を生成する撮像位置特定手段とを備え、

前記コンピュータは、前記撮像装置から供給された前記位置情報と、前記位置情報により特定される前記位置において撮像された画像とに応じて、前記対象物を構成する各点の 3 次元座標を算出する 3 次元座標算出手段と、

前記光が照射された前記対象物が少なくとも2つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいて前記3次元座標算出手段によりそれぞれ算出された前記各点に対する少なくとも2つの前記3次元座標に応じて、前記各点を一つの座標系における座標により表現し合成画像を生成する3次元形状合成手段とを備えたことを特徴とする形状計測システム。

【請求項8】 前記コンピュータは、前記3次元座標算出手段により算出された複数の前記3次元座標に対して補間処理を実行する補間手段をさらに備えた請求項7に記載の形状計測システム。

【請求項9】 前記投光手段または前記撮像位置特定手段の少なくとも一方は、前記コンピュータにより制御される請求項7に記載の形状計測システム。

【請求項10】 対象物を撮像する撮像手段を含む撮像装置であって、  
前記対象物に所定のパターンを有する光を照射する投光手段と、  
前記撮像手段が前記対象物を撮像する位置を検出して、前記位置を特定する位置情報を生成する撮像位置特定手段と、

前記光に照射された前記対象物を前記撮像手段が撮像することにより得られた画像及び前記位置情報を記憶する記憶手段とを備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項11】 前記投光手段または前記撮像位置特定手段の少なくとも一方は、外部から供給される制御信号により制御される請求項10に記載の撮像装置。

【請求項12】 前記撮像手段は、さらに、前記光が照射されていない前記対象物を撮像する請求項10に記載の撮像装置。

【請求項13】 対象物を撮像して前記対象物の3次元形状を計測する形状計測方法であって、

前記対象物に所定のパターンを有する光を照射するステップと、  
前記対象物を撮像する位置を検出して、前記位置を特定する位置情報を生成するステップと、

前記位置情報と、前記位置情報により特定される前記位置において撮像された画像とに応じて、前記対象物を構成する各点の3次元座標を算出するステップと

前記光が照射された前記対象物が少なくとも2つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいてそれぞれ算出された前記各点に対する少なくとも2つの前記3次元座標に応じて、前記各点を一つの座標系における座標により表現するステップとを含むことを特徴とする形状計測方法。

【請求項14】 前記座標系における前記対象物の座標と、光が照射されていないときに前記撮像手段により撮像された画像とに応じて、前記対象物の3次元画像を生成するステップをさらに含む請求項13に記載の形状計測方法。

【請求項15】 対象物の3次元形状を計測する形状計測方法であって、  
前記対象物に所定のパターンを有する光を照射するステップと、  
光学中心が異なる複数の撮像手段により前記対象物を撮像するステップと、  
前記複数の撮像手段が前記対象物を撮像する各位置を検出して、前記各位置に対応する位置情報を生成するステップと、

前記光が照射された前記対象物が前記複数の撮像手段により撮像されることにより得られた複数の画像と、生成された前記位置情報とに応じて、前記画像毎に前記対象物を構成する各点の3次元座標を算出するステップと、

算出された前記各点に対する複数の前記3次元座標に応じて、前記各点を一つの座標系における座標により表現するステップとを含むことを特徴とする形状計測方法。

【請求項16】 コンピュータによって対象物の3次元形状を計測するためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記プログラムは、

前記コンピュータに対し、所定のパターンを有する光が照射された前記対象物を撮像することにより得られた画像と、前記対象物を撮像した位置を特定する位置情報とに応じて、前記対象物を構成する各点の3次元座標を算出させ、

前記光が照射された前記対象物が少なくとも2つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいてそれぞれ算出された前記各点に対する少なくとも2つの前記3次元座標に応じて、前記各点を一つの座標系における座標により表現させることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。



【請求項 1 7】 前記プログラムは、

加速度センサに重力を基準として前記位置を特定する前記位置情報を生成させ

磁気センサに地磁気を基準として前記位置を特定する前記位置情報を生成させる請求項 1 6 に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 8】 前記プログラムは、

角速度センサに前記 3 次元座標の座標系を構成する各座標軸周りの回転角速度を検出させる請求項 1 6 に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 1 9】 前記プログラムはさらに、

前記コンピュータに対し、前記一つの座標系における座標と、光が照射されていないときに撮像された画像とに応じて、前記対象物の 3 次元画像を生成させる請求項 1 6 に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項 2 0】 コンピュータによって対象物の 3 次元形状を計測するためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記プログラムは、

前記コンピュータに対し、所定のパターンを有する光が照射された前記対象物が複数の撮像手段で撮像された複数の画像と、前記複数の撮像手段が前記対象物を撮像したそれぞれの位置を特定する複数の位置情報とに応じて、前記画像毎に前記対象物を構成する各点の 3 次元座標を算出させ、

算出された前記各点に対する複数の前記 3 次元座標に応じて、前記各点を一つの座標系における座標により表現させることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンピュータ入力技術やヒューマンインタフェース技術、あるいは視覚処理技術に関し、さらに詳しくは、物体の 3 次元形状を計測する技術に関するものである。

【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

従来より、測量やCADモデルの作成、あるいはオンラインショッピングでの商品展示など様々な分野で、対象物の3次元形状を計測することが求められている。そして、このような3次元形状計測方法の一つとして、対象物にパターン光を照射し、該パターンの対象物上における歪みを撮像することにより形状計測を行う方法がある。

## 【0003】

ここで、特開平5-149727号公報には、移動装置に搭載され該装置上を自由に移動できるカメラによって被写体を撮像することにより、反射率の高い面からなる対象物でもその形状を計測し得る技術が開示されている。また、特開平10-79029号公報には、複数のカメラにより撮像された複数の画像データをそれぞれ複数の小領域に分割して、該小領域毎に得られた立体情報を統合することにより被写体の立体情報を検出する技術が開示されている。

## 【0004】

しかしながら、上記のような技術においては、移動装置や複数のカメラ等が必要とされるため、装置全体が大型化して持ち運びにおける利便性が損なわれるという問題があり、また製造コストを上昇させるという問題がある。さらには、該移動装置や複数のカメラの配置によって、適正に形状を計測し得る被写体の特性が制限されるという問題もある。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上述の問題を解消するためになされたもので、より汎用性及び精度が高められた3次元形状の計測を実現すると共に、全体が小型化されコストが低減された形状計測システムと撮像装置、形状計測方法及び該方法を実行するためのプログラムが記録された記録媒体を提供することを目的とする。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的は、対象物を撮像する撮像手段を含み、対象物の3次元形状を計測する形状計測システムであって、対象物に所定のパターンを有する光を照射する

投光手段と、撮像手段が対象物を撮像する位置を検出して、位置を特定する位置情報を生成する撮像位置特定手段と、位置情報と、位置情報により特定される位置において撮像された画像とに応じて、対象物を構成する各点の3次元座標を算出する3次元座標算出手段と、光が照射された対象物が少なくとも2つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいて3次元座標算出手段によりそれぞれ算出された各点に対する少なくとも2つの3次元座標に応じて、各点を一つの座標系における座標により表現し合成画像を生成する3次元形状合成手段とを備えたことを特徴とする形状計測システムを提供することにより達成される。

## 【0007】

このような手段によれば、位置情報と撮像された画像とに応じて算出された3次元座標により、撮像された対象物の3次元形状が得られるため、簡易な構成により3次元形状を高精度に計測することができる。

## 【0008】

ここで、該形状計測システムは、撮像手段の動作タイミングを制御する撮像制御手段と、撮像手段により得られたアナログ信号をデジタル信号へ変換する信号変換手段と、デジタル信号と3次元座標、及び3次元形状合成手段により生成された合成画像を記憶する記憶手段とをさらに備えたものとすることができる。

## 【0009】

また、撮像手段により撮像された画像または合成画像のうち、少なくともいずれか一方に対して補間処理を実行する補間手段をさらに備えることとすれば、対象物のより高精度な3次元形状を得ることができる。

## 【0010】

また、3次元形状合成手段により得られた対象物の座標と、光が照射されていないときに撮像手段により撮像された画像とに応じて、対象物の3次元画像を生成する3次元画像生成手段をさらに備えることにより、実際の対象物に付された模様等をも再現された3次元画像を得ることができる。

## 【0011】

また、本発明の目的は、対象物の3次元形状を計測する形状計測システムであ

って、対象物を撮像すると共に、光学中心が異なる複数の撮像手段と、対象物に所定のパターンを有する光を照射する投光手段と、複数の撮像手段が対象物を撮像する位置を検出して、位置に対応する位置情報を生成する撮像位置特定手段と、光が照射された対象物が複数の撮像手段により撮像されることにより得られた複数の画像と、撮像位置特定手段により生成された位置情報とに応じて、画像毎に対象物を構成する各点の3次元座標を算出する3次元座標算出手段と、3次元座標算出手段により算出された各点に対する複数の3次元座標に応じて、各点を一つの座標系における座標により表現し合成画像を生成する3次元形状合成手段とを備えたことを特徴とする形状計測システムを提供することにより達成される。

#### 【0012】

このような手段によれば、複数の撮像手段により同時に複数の画像を得ることができるため、該複数の画像からそれぞれ3次元座標を算出して合成することにより、より高精度な3次元形状の計測を実現することができる。

#### 【0013】

ここで、各々が、対応する撮像手段の動作タイミングを制御する複数の撮像制御手段と、各々が、対応する撮像手段により得られたアナログ信号をデジタル信号へ変換する複数の信号変換手段と、複数の信号変換手段により得られたデジタル信号と、3次元座標算出手段により算出された3次元座標、及び3次元形状合成手段により生成された合成画像を記憶する記憶手段とをさらに備えたものとすることができる。

#### 【0014】

また、本発明の目的は、対象物を撮像する撮像装置とコンピュータとにより構成され、対象物の3次元形状を計測する形状計測システムであって、撮像装置は、対象物に所定のパターンを有する光を照射する投光手段と、撮像手段が対象物を撮像する位置を検出して、位置を特定する位置情報を生成する撮像位置特定手段とを備え、コンピュータは、撮像装置から供給された位置情報と、位置情報により特定される位置において撮像された画像とに応じて、対象物を構成する各点の3次元座標を算出する3次元座標算出手段と、光が照射された対象物が少なく

とも2つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいて3次元座標算出手段によりそれぞれ算出された各点に対する少なくとも2つの3次元座標に応じて、各点を一つの座標系における座標により表現し合成画像を生成する3次元形状合成手段とを備えたことを特徴とする形状計測システムを提供することにより達成される。

## 【0015】

このような手段によれば、撮像装置により得られた位置情報と画像とに応じて、コンピュータにより対象物を構成する各点の3次元座標が算出され、該3次元座標に応じて対象物の3次元形状が得られるため、対象物の3次元形状を高精度に計測することができる。

## 【0016】

ここで、コンピュータは、3次元座標算出手段により算出された複数の3次元座標に対して補間処理を実行する補間手段をさらに備えたものとすることができる。

## 【0017】

また、投光手段または撮像位置特定手段の少なくとも一方は、コンピュータにより制御されるものとすることもできる。

## 【0018】

また、本発明の目的は、対象物を撮像する撮像手段を含む撮像装置であって、対象物に所定のパターンを有する光を照射する投光手段と、撮像手段が対象物を撮像する位置を検出して、位置を特定する位置情報を生成する撮像位置特定手段と、光に照射された対象物を撮像手段が撮像することにより得られた画像及び位置情報を記憶する記憶手段とを備えたことを特徴とする撮像装置を提供することにより達成される。

## 【0019】

このような手段によれば、対象物の3次元形状を計測するために必要なデータを容易に得ることができる。

## 【0020】

ここで、投光手段または撮像位置特定手段の少なくとも一方は、外部から供給

される制御信号により制御されるようにしてもよい。

【0021】

また、撮像手段は、さらに、光が照射されていない対象物を撮像することとすれば、対象物に付された模様等をも含めた再現画像を生成することができる。

【0022】

また、本発明の目的は、対象物を撮像して対象物の3次元形状を計測する形状計測方法であって、対象物に所定のパターンを有する光を照射するステップと、対象物を撮像する位置を検出して、位置を特定する位置情報を生成するステップと、位置情報と、位置情報により特定される位置において撮像された画像とに応じて、対象物を構成する各点の3次元座標を算出するステップと、光が照射された対象物が少なくとも2つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいてそれぞれ算出された各点に対する少なくとも2つの3次元座標に応じて、各点を一つの座標系における座標により表現するステップとを含むことを特徴とする形状計測方法を提供することにより達成される。

【0023】

このような手段によれば、位置情報と撮像された画像とに応じて算出された3次元座標により、撮像された対象物の3次元形状が計測されるため、3次元形状の高精度な計測を容易に実現することができる。

【0024】

ここで、座標系における対象物の座標と、光が照射されていないときに撮像手段により撮像された画像とに応じて対象物の3次元画像を生成するステップをさらに含むこととすれば、対象物に付された模様などを含めて対象物に忠実な3次元再現画像を生成することができる。

【0025】

また、本発明の目的は、対象物の3次元形状を計測する形状計測方法であって、対象物に所定のパターンを有する光を照射するステップと、光学中心が異なる複数の撮像手段により対象物を撮像するステップと、複数の撮像手段が対象物を撮像する各位置を検出して、各位置に対応する位置情報を生成するステップと、光が照射された対象物が複数の撮像手段により撮像されることにより得られた複

数の画像と、生成された位置情報とに応じて、画像毎に対象物を構成する各点の 3 次元座標を算出するステップと、算出された各点に対する複数の 3 次元座標に応じて、各点を一つの座標系における座標により表現するステップとを含むことを特徴とする形状計測方法を提供することにより達成される。

## 【 0 0 2 6 】

このような手段によれば、複数の撮像手段により同時に撮像された複数の画像からそれぞれ 3 次元座標を算出し合成するため、より高度な 3 次元形状の計測を容易に実現することができる。

## 【 0 0 2 7 】

また、本発明の目的は、コンピュータによって対象物の 3 次元形状を計測するためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、プログラムは、コンピュータに対し、所定のパターンを有する光が照射された対象物を撮像することにより得られた画像と、対象物を撮像した位置を特定する位置情報とに応じて、対象物を構成する各点の 3 次元座標を算出させ、光が照射された対象物が少なくとも 2 つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいてそれぞれ算出された各点に対する少なくとも 2 つの 3 次元座標に応じて、各点を一つの座標系における座標により表現させることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することにより達成される。

## 【 0 0 2 8 】

このような手段によれば、該記録媒体に記録されたプログラムがコンピュータにより実行されることによって、位置情報と撮像された画像とに応じた 3 次元座標が算出され、算出された該 3 次元座標により対象物の 3 次元形状が得られるため、容易に高精度な 3 次元形状の計測を実行することができる。

## 【 0 0 2 9 】

ここで、プログラムは、加速度センサに重力を基準として位置を特定する位置情報を生成させ、磁気センサに地磁気を基準として位置を特定する位置情報を生成させ、または、角速度センサに 3 次元座標の座標系を構成する各座標軸周りの回転角速度を検出させるものとすることができる。

## 【 0 0 3 0 】

また、プログラムはさらに、コンピュータに対し、一つの座標系における座標と、光が照射されていないときに撮像された画像とに応じて、対象物の3次元画像を生成させるものとすれば、対象物の表面における模様をも含めて再現された3次元画像を容易に得ることができる。

#### 【0031】

また、本発明の目的は、コンピュータによって対象物の3次元形状を計測するためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、プログラムは、コンピュータに対し、所定のパターンを有する光が照射された対象物が複数の撮像手段で撮像された複数の画像と、複数の撮像手段が対象物を撮像したそれぞれの位置を特定する複数の位置情報とに応じて、画像毎に対象物を構成する各点の3次元座標を算出させ、算出された各点に対する複数の3次元座標に応じて、各点を一つの座標系における座標により表現させることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することにより達成される。

#### 【0032】

このような手段によれば、上記プログラムをコンピュータに実行させることにより、複数の撮像手段に対し対象物を同時に撮像させ、複数の画像を得ることができるため、該複数の画像からそれぞれ3次元座標を算出させて合成させることにより、より高度な3次元形状の計測を容易に実現することができる。

#### 【0033】

#### 【発明の実施の形態】

以下において、本発明の実施の形態を図面を参照して詳しく説明する。なお、図中同一符号は同一又は相当部分を示す。

#### 〔実施の形態1〕

図1は、本発明の実施の形態1に係る形状計測システムの構成を示すブロック図である。図1に示されるように、本実施の形態1に係る形状計測システム1は、MPU (Micro-Processing Unit) 3と、外部端子5と、絞り機構6と、相関二重サンプリング (Correlated Double Sampling-CDS) 回路7と、タイミング信号生成回路8と、IPP (Image Pre-Processor) 回路9と、レンズ10と、CCD等からなる撮像素子11と、A/D変換器12と、画像メモリ13と、



パターン光照射部 1 4 と、3 D ( 3 次元) 位置算出部 1 5 と、姿勢検出部 1 6 と、3 次元位置合成部 1 7 とを備える。

#### 【 0 0 3 4 】

ここで、C D S 回路 7 は撮像素子 1 1 に接続され、A / D 変換器 1 2 は C D S 回路 7 に接続される。また、I P P 回路 9 は A / D 変換器 1 2 に接続され、画像メモリ 1 3 は I P P 回路 9 に接続される。また、3 D 位置算出部 1 5 及び 3 次元位置合成部 1 7 は画像メモリ 1 3 に接続される。

#### 【 0 0 3 5 】

また、撮像素子 1 1 と C D S 回路 7 及び A / D 変換器 1 2 は、タイミング信号生成回路 8 に接続される。さらに、外部端子 5 と絞り機構 6、タイミング信号生成回路 8、I P P 回路 9、画像メモリ 1 3、3 D 位置算出部 1 5、3 次元位置合成部 1 7、パターン光照射部 1 4、及び姿勢検出部 1 6 が M P U 3 に接続される。

#### 【 0 0 3 6 】

上記のような形状計測システム 1 においては、被写体 ( 図示していない) を撮像する際、該撮像による被写体の像はレンズ 1 0 及び絞り機構 6 により撮像素子 1 1 上に結像される。そして、撮像素子 1 1 で得られた画像信号は、C D S 回路 7 によりサンプリングされた後、A / D 変換器 1 2 でデジタル信号化される。なお、このときの動作タイミングは、タイミング信号生成回路 8 から供給される信号により制御される。

#### 【 0 0 3 7 】

このようにしてデジタル化された画像信号は、I P P 回路 9 によりアパーチャ補正などの画像処理やデータ圧縮が施され、画像メモリ 1 3 に保存される。このとき、画像信号に対する種々の補正処理や圧縮処理を M P U 3 で実行するようにしてもよい。

#### 【 0 0 3 8 】

また、パターン光照射部 1 4 は、被写体に対してスリットパターンやドットパターン、あるいは濃淡グラデーションを有するようなパターン光を照射する。そして、このパターン光が照射された被写体を撮像することにより得られた画像を

基に、3D位置算出部15は被写体表面の点に対する3次元位置座標を算出する。

#### 【0039】

また、姿勢検出部16は、該画像を撮像した時における形状計測システム1の姿勢（撮像位置や撮像角度など）を検出する。なお、上記姿勢は画像を撮像する度に検出するが、上記撮像位置や撮像角度などの情報は絶対的なものであっても良いし、ある視点を基準とした相対的なものであっても良い。

#### 【0040】

そして、3次元位置合成部17は、姿勢検出部16において得られた該姿勢に関する情報に応じて複数の上記画像を合成することにより、被写体の3次元形状を得ることとなる。なお、図1に示された各回路は、直接的または間接的にMPU3によって制御される。

#### 【0041】

また、上記のような構成を有する形状計測システム1は、図2に示されるように、一つの筐体に収納されることによって一体的にカメラ2を構成することができる。なお、図2に示されるように、カメラ2においては、フロッピーディスク172などの可搬式記録媒体が着脱可能なものとすることができ、このようなカメラ2によれば、生成された3次元画像を該可搬式記録媒体に格納することができる。

#### 【0042】

以下において、図3のフローチャートを参照しつつ、上記形状計測システム1の動作をより具体的に説明する。まず、ステップS1においては、ユーザによる撮像指示の有無を判断し、該撮像指示があった場合にはステップS2へ進み、ない場合には該指示があるまで待機する。このとき、ユーザにより第一の視点においてリリースボタン（手動式ボタン）が押されることにより、ステップS2へ進み、該被写体が撮像される。

#### 【0043】

ここで、まず被写体にはパターン光照射部14から上記のようなパターン光が照射され、該パターン光が投影された被写体が撮像される。次に、該パターン光

の照射をしない状態で該被写体が撮像される。なお、上記形状計測システム 1 においては、被写体を撮像する代わりに、予め得られた画像データを外部端子 5 を介して画像メモリ 13 に入力してもよい。

## 【0044】

そして次に、ステップ S3 へ進み、該撮像時の姿勢を検出し、被写体表面の点に対応する 3 次元位置座標を算出する。なお、該姿勢の検出方法については後に詳しく説明する。ここで、図 4 に示されるように、パターン光照射部 14 による照射によりパターン光が投影された被写体 20 を撮像することによって画像 21 が得られる場合を仮定すると、図 4 に示された被写体表面上の点 A に対応する 3 次元座標 ( $A_x$ ,  $A_y$ ,  $A_z$ ) は、以下のように算出される。

## 【0045】

パターン光が照射される向きを示すベクトル 23 を ( $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ )、レンズ 10 の光軸と画像面とが交わる点を原点としたとき画像 21 上における点 A の像の位置座標を ( $I_x$ ,  $I_y$ )、レンズ 10 を含む撮像系の焦点距離を  $f$ 、パターン光照射部 14 と上記撮像系の光学中心との距離を  $d$  とすると、三角測量の原理により次式により上記 3 次元座標 ( $A_x$ ,  $A_y$ ,  $A_z$ ) が算出される。

## 【0046】

## 【数 1】

$$\begin{aligned} A_z &= \frac{d}{\frac{I_x}{f} - P_x} \\ A_x &= I_x \frac{A_z}{f} \\ A_y &= I_y \frac{A_z}{f} \end{aligned} \quad (1)$$

そして次に、第一の視点と異なる第二の視点において上記と同様に該被写体を撮像し、該撮像により得られた画像を基に、上記と同様に被写体表面の点に対応する 3 次元座標を算出する。なお、第二の視点においては、第一の視点において

撮像された被写体表面の点の少なくとも一部が含まれるように、該被写体が撮像される。

【0047】

そして、上記のように、一つの被写体20を複数の視点から撮像した後に、該被写体に対する撮像を終了する場合にはステップS5へ進み、さらに該被写体を撮像する場合にはステップS1へ戻る。

【0048】

ステップS5では、3次元位置合成部17が、姿勢検出部16で検出された姿勢に関する情報に応じて、上記各視点毎に算出された3次元座標（3次元位置データ）を一つの座標系上で合成する。なお、この合成方法の具体例については後に詳しく説明する。

【0049】

また、ステップS5においてはさらに、ステップS2においてパターン光の照射をしない状態で該被写体が撮像されることにより得られた画像が、上記合成により得られた3次元形状に対して合成される。これにより、該被写体の表面における模様を含めて再現された被写体の3次元画像を得ることができる。

【0050】

以上が本実施の形態1に係る形状計測システム1の動作であるが、以下においては上記ステップS3における姿勢検出部16の動作を詳しく説明する。まず、図5に示されるように、姿勢検出部16は、直交する3軸方向における各加速度を測定する加速度センサを含む重力方向検出部16aと、該3軸方向における磁力を測定する磁気センサを含む重力周り角度検出部16bと、姿勢算出部16cとを備える。ここで、重力方向検出部16aはMPU3に接続され、重力周り角度検出部16bは重力方向検出部16aに接続される。また、姿勢算出部16cは重力方向検出部16a及び重力周り角度検出部16bに接続される。

【0051】

なお、上記姿勢検出部16はジャイロにより構成してもよいが、この場合については後述する。

【0052】

まず最初に、重力方向検出部 1 6 a が 3 軸加速度センサにより構成され、重力  
 周り角度検出部 1 6 b が 2 軸磁気方位センサにより構成される例を説明する。こ  
 こでは、図 6 に示されるように重力方向が Y 軸とされた X Y Z 基準座標系（絶対  
 座標系）と、光軸が W 軸とされた U V W 撮像座標系とを定義し、基準座標系に対  
 する撮像座標系の傾きをそれぞれ姿勢角  $\theta_U$  ,  $\theta_V$  ,  $\theta_W$  で表記する。

【0 0 5 3】

形状計測システム 1 の姿勢を特定する方法としては、まず基準座標系と撮像座  
 標系とが一致する状態から形状計測システム 1 を V (Y) 軸周りに  $\theta_V$  だけ回転  
 させ、次に撮像座標系を基準として形状計測システム 1 を U 軸周りに  $\theta_U$  だけ回  
 転させ、さらに撮像座標系を基準として形状計測システム 1 を W 軸周りに  $\theta_W$  だ  
 け回転させる方法がある。

【0 0 5 4】

ここで、上記のような V 軸、U 軸、W 軸の周りにおける回転を表す回転行列を  
 それぞれ  $R_V$  ,  $R_U$  ,  $R_W$  で示すと、形状計測システム 1 の姿勢は次の行列  
 により示される。

【0 0 5 5】

【数 2】

$$\begin{aligned} \mathbf{R} &= \mathbf{R}_V \cdot \mathbf{R}_U \cdot \mathbf{R}_W \\ &= \begin{bmatrix} \cos\theta_V & 0 & \sin\theta_V \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_V & 0 & \cos\theta_V \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_U & -\sin\theta_U \\ 0 & \sin\theta_U & \cos\theta_U \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta_W & -\sin\theta_W & 0 \\ \sin\theta_W & \cos\theta_W & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2) \end{aligned}$$

また、加速度センサ及び磁気方位センサにより得られた測定値を、それぞれ以  
 下の行列 A 及び行列 M により示す。

【0 0 5 6】

【数 3】

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \begin{pmatrix} A_x \\ A_y \\ A_z \end{pmatrix} \\ \mathbf{M} &= \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{pmatrix} \\ \|\mathbf{A}\| &= \|\mathbf{M}\| = 1 \end{aligned} \quad (3)$$

但し、2 軸磁気方位センサを用いる場合には、 $M_y$  は不定とされる。なお、重力加速度ベクトルは以下の行列  $G$  により示される。

$$[0 \ 0 \ 5 \ 7]$$

【数 4】

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

また、地磁気の伏角  $\phi$  を既知とすると、地磁気ベクトルは以下の行列  $D$  により示される。

$$[0 \ 0 \ 5 \ 8]$$

【数 5】

$$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} 0 \\ \sin\phi \\ \cos\phi \end{pmatrix} \quad (5)$$

ところで、上記の行列 A と行列 G、及び求める行列 R との間には、以下の式が成立する。

$$[0 \ 0 \ 5 \ 9]$$

【数 6】

$$\mathbf{R} \cdot \mathbf{A} = \mathbf{G} \quad (6)$$

従って、上記式 (6) の両辺に左から行列 R の逆行列を乗算することにより、以下の式が成立する。

$$[0 \ 0 \ 6 \ 0]$$

【数 7】

$$\mathbf{A} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{G} \quad (7)$$

これより、図 5 に示された姿勢算出部 16 c により、以下のような姿勢角  $\theta_U$ 、 $\theta_W$  が求められる。

$$[0 \ 0 \ 6 \ 1]$$

【数 8】

$$\begin{aligned} \theta_U &= -\sin^{-1} A_z \\ \theta_W &= \sin^{-1} \left( \frac{A_x}{\cos \theta_U} \right) && \text{但し、} \sin^{-1} \left( \frac{A_x}{\cos \theta_U} \right) \geq 0, \frac{A_y}{\theta_U} \geq 0 \\ \theta_W &= \pi - \sin^{-1} \left( \frac{A_x}{\cos \theta_U} \right) && \text{但し、} \sin^{-1} \left( \frac{A_x}{\cos \theta_U} \right) \geq 0, \frac{A_y}{\theta_U} < 0 \\ \theta_W &= -\pi - \sin^{-1} \left( \frac{A_x}{\cos \theta_U} \right) && \text{但し、} \sin^{-1} \left( \frac{A_x}{\cos \theta_U} \right) < 0, \frac{A_y}{\theta_U} < 0 \end{aligned} \quad (8)$$

さらに、上記行列Mと行列Dと、求める行列Rとの間には、以下の式が成立する。

【0 0 6 2】

【数 9】

$$\mathbf{R} \cdot \mathbf{M} = \mathbf{D} \quad (9)$$

従って、上記式（9）の両辺に左から行列Rの逆行列を乗算することにより、以下の式が成立する。

【0 0 6 3】

【数 1 0】

$$\mathbf{M} = \mathbf{R}^{-1} \cdot \mathbf{D} \quad (10)$$

これより、以下の式（11）が導出されるため、姿勢算出部16cにより姿勢角 $\theta_v$ が以下のように求められる。

【0 0 6 4】

【数 1 1】

$$\begin{aligned} \cos\theta_v &= \sec\phi \cdot \sec\theta_u \cdot (M_z + \sin\phi \cdot \sin\theta_u) \\ \sin\theta_v &= -\sec\phi \cdot \sec\theta_w \cdot \sin\theta_w \cdot (M_x - \sin\phi \cdot \cos\theta_u - \cos\theta_v \cdot \cos\phi \cdot \sin\theta_u) \end{aligned} \quad (11)$$

【0 0 6 5】



【数 1 2】

$$\begin{aligned}
 \theta_v &= \sin^{-1}(\sin\theta_v) && \text{但し、}\sin^{-1}(\sin\theta_v) \geq 0, \cos\theta_v \geq 0 \\
 \theta_v &= \pi - \sin^{-1}(\sin\theta_v) && \text{但し、}\sin^{-1}(\sin\theta_v) \geq 0, \cos\theta_v < 0 \\
 \theta_v &= -\pi - \sin^{-1}(\sin\theta_v) && \text{但し、}\sin^{-1}(\sin\theta_v) < 0, \cos\theta_v < 0
 \end{aligned} \quad (12)$$

なお、上記の式（８）において  $\cos\theta_U$  が 0 の場合には、姿勢角  $\theta_W$  は任意に定めることができる。

【0 0 6 6】

以上のような方法によって式（２）として示された行列  $R$  が求められ、形状計測システム 1 の撮像姿勢を特定する情報が得られたことになる。

【0 0 6 7】

以下において、３軸加速度センサと３軸磁気方位センサを用いた例について説明する。なお、座標系の定義と姿勢角  $\theta_U$  ,  $\theta_W$  の導出については上記と同様である。但し、地磁気の伏角は未知であるものとしてよく、地磁気ベクトルは以下の行列  $D$  で示される。

【0 0 6 8】

【数 1 3】

$$D = \begin{pmatrix} 0 \\ D_y \\ D_z \end{pmatrix} \quad (13)$$

ここで、以下の式（１４）で示される行列  $D'$  を仮定する。

【0 0 6 9】

【数 1 4】

$$\mathbf{D}' = \begin{pmatrix} D'_x \\ D'_y \\ D'_z \end{pmatrix} = \mathbf{R}_u \cdot \mathbf{R}_w \cdot \mathbf{M} \quad (14)$$

そして、上記行列  $\mathbf{D}'$  を用いると、上記行列  $\mathbf{D}$  は以下の式 (15) により示される。

【0 0 7 0】

【数 1 5】

$$\mathbf{D} = \mathbf{R}_v \cdot \mathbf{D}' \quad (15)$$

これより、以下の式 (16) が成立する。

【0 0 7 1】

【数 1 6】

$$\begin{aligned} \cos \theta_v &= \frac{D'_z \cdot D_z}{D'^2_x + D'^2_z} \\ \sin \theta_v &= \frac{D'_x \cdot D_z}{D'^2_x + D'^2_z} \end{aligned} \quad (16)$$

従って、姿勢算出部 16 c により、以下のように姿勢角  $\theta_v$  が求められる。

【0 0 7 2】

【数 1 7】

$$\begin{aligned}
 \theta_v &= \sin^{-1}(\sin \theta_v) && \text{但し、} \sin^{-1}(\sin \theta_v) \geq 0, \cos \theta_v \geq 0 \\
 \theta_v &= \pi - \sin^{-1}(\sin \theta_v) && \text{但し、} \sin^{-1}(\sin \theta_v) \geq 0, \cos \theta_v < 0 \\
 \theta_v &= -\pi - \sin^{-1}(\sin \theta_v) && \text{但し、} \sin^{-1}(\sin \theta_v) < 0, \cos \theta_v < 0
 \end{aligned} \quad (17)$$

次に、図 1 に示された姿勢検出部 1 6 として、ジャイロを用いる場合を説明する。この場合には、以下に説明するように、図 6 に示された X Y Z 基準座標系（絶対座標系）の各軸周りの回転角速度が求まるようジャイロが配置され、該ジャイロにより検出された回転角速度を積分することにより、角度情報を得ることができる。

【0 0 7 3】

すなわち、改めて図 6 に示された X 軸周りの回転角を  $\alpha$ 、Y 軸周りの回転角を  $\beta$ 、Z 軸周りの回転角を  $\gamma$  と表すと、ジャイロにより以下のような回転角速度ベクトル  $J$  が測定される。

【0 0 7 4】

【数 1 8】

$$J = \left( \frac{d\alpha}{dt}, \frac{d\beta}{dt}, \frac{d\gamma}{dt} \right) \quad (18)$$

そして、上記回転角速度ベクトル  $J$  を積分することにより、以下のように、時刻  $t$  における回転角  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を得ることができる。

【0 0 7 5】

【数 1 9】

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \alpha_0 + \int_0^t d\alpha \\
 \beta &= \beta_0 + \int_0^t d\beta \\
 \gamma &= \gamma_0 + \int_0^t d\gamma
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

なお、上記において積分定数  $\alpha_0$ ,  $\beta_0$ ,  $\gamma_0$  は、時刻  $t = 0$  の初期状態を静止状態とすると、いずれも 0 となる。

【0 0 7 6】

次に、図 3 のステップ S 5 における 3 次元位置データの合成動作を詳しく説明する。図 7 は、該合成動作を模式的に示す図である。なお、ここでは図 7 に示されるように、円柱状の被写体 2 0 の 3 次元形状を計測する場合を一例として説明する。

【0 0 7 7】

図 7 (b) は、図 7 (a) に示される視点（撮像の向き）DB から被写体 2 0 を撮像し、被写体表面の各点に対応する 3 次元座標を算出して、算出された該座標を所定の 3 次元座標系において表示した点群 2 7 を示す図である。また同様に図 7 (c) は、図 7 (a) に示される視点（撮像の向き）DC から被写体 2 0 を撮像し、被写体表面の各点に対応する 3 次元座標を算出して、算出された該座標を上記 3 次元座標系において表示した点群 2 8 を示す図である。

【0 0 7 8】

ここで、図 7 (b) や図 7 (c) に示されるように、撮像方向により例えば被写体 2 0 の側面における裏側や上面及び下面が、該撮像に際して死角となるため、得られた各点群 2 7, 2 8 によっては、該被写体 2 0 の形状を特定することができない。従って、図 7 (d) に示されるように、図 7 (b) 及び図 7 (c) に示された点群 2 7, 2 8 を同一の座標系において合成することにより、被写体 2 0 の 3 次元形状を特定できる点群 2 9 を得ることができる。

【 0 0 7 9 】

ここで、多数の視点から被写体を撮像すればする程、被写体表面の点に対応する上記点群が多数得られることになるため、より完全な該被写体の3次元形状を得ることができる。

【 0 0 8 0 】

以下において、上記のような合成動作をより詳しく説明する。なお、以下においては、図7(a)に示された視点DBと視点DCから被写体20を撮像することにより得られた二組の3次元位置データを合成する例を説明するが、三組以上の3次元位置データを合成する場合も同様である。

【 0 0 8 1 】

視点DBからの撮像に関して、基準となる姿勢からの図6に示されたXYZ軸周りの回転角度(Bx, By, Bz)が与えられていたとすると、該基準姿勢から視点DBの姿勢に座標変換するための回転行列RBは次式(20)により示される。

【 0 0 8 2 】

【数20】

$$RB = \begin{bmatrix} \cos B_y \cos B_z & -\cos B_x \sin B_z + \sin B_x \sin B_y \cos B_z & \sin B_x \sin B_z + \cos B_x \sin B_y \cos B_z \\ \cos B_y \sin B_z & \cos B_x \cos B_z + \sin B_x \sin B_y \sin B_z & -\sin B_x \cos B_z + \cos B_x \sin B_y \sin B_z \\ -\sin B_y & \sin B_x \cos B_y & \cos B_x \cos B_y \end{bmatrix} \quad (20)$$

なお、上記回転はX軸周り、Y軸周り、Z軸周りの順で行われるものとしている。

【 0 0 8 3 】

また同様に、視点DCからの撮像に関して、基準となる姿勢からの図6に示されたXYZ軸周りの回転角度(Cx, Cy, Cz)が与えられていたとすると、該基準姿勢から視点DCの姿勢に座標変換するための回転行列RCは次式(21)により示される。

【 0 0 8 4 】

【数 2 1】

$$RC = \begin{bmatrix} \cos Cy \cos Cz & -\cos Cx \sin Cz + \sin Cx \sin Cy \cos Cz & \sin Cx \sin Cz + \cos Cx \sin Cy \cos Cz \\ \cos Cy \sin Cz & \cos Cx \cos Cz + \sin Cx \sin Cy \sin Cz & -\sin Cx \cos Cz + \cos Cx \sin Cy \sin Cz \\ -\sin Cy & \sin Cx \cos Cy & \cos Cx \cos Cy \end{bmatrix} \quad (21)$$

従って、視点DBの姿勢（撮像座標系）における位置座標を視点DCの姿勢（撮像座標系）における位置座標に変換する回転行列RRは、以下のように示される。

【0085】

【数 2 2】

$$RR = (RB)^{-1} RC \quad (22)$$

よって、例えば視点DBの姿勢（撮像座標系）における位置座標bの点は、視点DCの姿勢（撮像座標系）においてはRR・bにより求められる位置座標により表される。但し、上記行列RRにより座標変換できるのは回転成分のみであるため、並進成分の変換（シフト）をさらに施す必要がある。

【0086】

そこで、視点DBと視点DCから撮像することにより得られた二つの画像間において、対応する点を見出す。例えば、図8（a）及び図8（b）に示された両画像において、該対応する点として点DD1と点DD2、点DE1と点DE2を見出すことができる。

【0087】

ここで、上記各点に対しては、視点DBあるいは視点DCにおける撮像座標系での3次元座標がそれぞれ求められているが、視点DBの撮像座標系における3次元座標を上記行列RRにより座標変換することにより回転成分のずれを除去した後の3次元空間上での位置のずれが、必要なシフト量（並進移動量）となる。すなわち、視点DB及び視点DCにおける撮像座標系でのある対応点の位置座標

をそれぞれ  $b$  及び  $c$  とすると、上記シフト量  $s$  は  $s = (RR \cdot b) - c$  により求められる。

#### 【0088】

なお、全ての上記対応点におけるシフト量  $s$  は、全て同じベクトル量になるはずであるが、ノイズや誤った対応点の採取により異なる値を示す場合が多い。従って、各対応点について算出される上記シフト量の平均が該視点  $DB$ 、 $DC$  間の並進成分とされる。また、このような平均化の代わりに、正常な対応関係が得られない可能性が高い対応点から算出されるシフト量を並進成分としてもよい。

#### 【0089】

そして、一方の撮像座標系における全 3 次元座標を、求められたシフト量だけシフトさせ、上記のように両撮像座標系の 3 次元座標を一つの座標系上で合成する。このとき、対応点同士が完全に重ならない場合には、該対応点の重心位置（対応点が 2 点である場合には中点）を最終的な 3 次元座標とすることにより、該被写体の 3 次元形状を高精度に得ることができる。

#### 【0090】

なお、上記のような形状計測システム 1 は、図 9 に示されるように、カメラ 4 とパーソナルコンピュータ  $PC$  とにより構成することもできる。すなわち、図 10 に示されるように、図 1 に示された 3 D 位置算出部 15 や 3 次元位置合成部 17 を除く部分を一つの筐体に収納してカメラ 4 を構成すると共に、上記 3 D 位置算出部 15 や 3 次元位置合成部 17 は、該カメラ 4 とは別個独立なパーソナルコンピュータ  $PC$  に備えることとしてもよい。

#### 【0091】

このような構成による形状計測システムにおいては、まず画像信号及び撮像姿勢を示す情報がカメラ 4 により取得され、画像メモリ 13 に格納される。そして、画像メモリ 13 に格納された画像信号及び撮像姿勢を示す情報がスマートメディアなどの可搬式記録媒体に記録されるため、該可搬式記録媒体を該パーソナルコンピュータ  $PC$  に装着することにより、メモリ／通信インタフェース部 19 に該信号及び情報が取り込まれる。なお、上記のように可搬式記録媒体によらず、画像メモリ 13 から図示していない通信手段によって、パーソナルコンピュータ

PCのメモリ／通信インタフェース部19へ該信号及び情報を無線送信するようにしても良い。

【0092】

従って、図9及び図10に示された形状計測システムにおいては、パーソナルコンピュータPCが、メモリ／通信インタフェース部19に取り込まれた該信号及び情報に応じて、被写体の表面を構成する各点に対応した3次元座標を算出し、該被写体の3次元画像を生成する。

【0093】

また、図10に示された形状計測システムにおいては、カメラ4に含まれたパターン光照射部14及び姿勢検出部16は、カメラ4に含まれたMPU3により制御されるが、図11に示されるようにパーソナルコンピュータPCから供給される制御信号により制御されるようにしても良い。

【0094】

一方、上記のような形状計測システム1の動作は、ソフトウェアにより実現しても良い。すなわち、該動作はコンピュータプログラムとして記述でき、該プログラムをMPU3が実行することにより、上記動作が容易に実現される。このとき、該プログラムはCD-ROM171等の記録媒体に記録され、図12に示されるように、パーソナルコンピュータPCに該記録媒体を装着することによって、該プログラムがMPU3により読み込まれ実行される。

【0095】

以上より、本発明の実施の形態1に係る形状計測システム1によれば、被写体を撮像する際の姿勢（視点）が姿勢検出部16で検出され、検出された該姿勢と撮像により得られた画像とに応じて、該被写体の3次元形状を得ることができるため、小型で低コストの形状計測システムを提供することができる。

【0096】

また、図2に示されたカメラ2によれば、被写体の周囲を手で移動させつつ撮像することにより、該被写体の3次元形状を得ることができるため、いかなる被写体に対しても容易に3次元形状を計測することができる。

〔実施の形態2〕



図 1 3 は、本発明の実施の形態 2 に係る形状計測システムの構成を示すブロック図である。図 1 3 に示されるように、本実施の形態 2 に係る形状計測システム 3 5 は、図 1 に示された実施の形態 1 に係る形状計測システム 1 と同様な構成を有するが、補間処理部 5 0 をさらに備える点で相違するものである。

【 0 0 9 7 】

ここで、補間処理部 5 0 は、MPU 3 により制御され画像メモリ 1 3 に接続される。

【 0 0 9 8 】

上記のような構成を有する本実施の形態 2 に係る形状計測システム 3 5 は、図 1 に示された実施の形態 1 に係る形状計測システム 1 と同様に動作するが、以下において補間処理部 5 0 の動作を説明する。

【 0 0 9 9 】

被写体を撮像することにより得られた上記 3 次元位置データは、該データが示される 3 次元座標系において必ずしも必要な空間解像度で存在しているとは限らない。そこで、例えば図 1 4 ( a ) に示されるように点群 2 7 が得られている場合には、図 1 4 ( b ) に示されるように、該 3 次元座標系において該点群がより密になるよう補間点 3 7 を追加する。

【 0 1 0 0 】

ここで、該補間の方法については、該点群を結ぶ近似曲線を求めるためにスプライン関数を用いるなどといった従来の方法を採用することができる。

【 0 1 0 1 】

また一方、上記補間処理部 5 0 は、以下のような補正処理も行うことができるものとすることができる。すなわち、図 1 5 ( a ) に示されるように、得られた画像 3 9 に含まれる点群の一部において他の点群と明らかに離散した誤処理点 P F が見出された場合には、ユーザはモニタ上におけるマウス操作により該誤処理点 P F をポインタ ( 図中矢印で示す ) で指定し、図 1 5 ( b ) に示されるように該ポインタを所望の位置に移動し、あるいは消去することにより、該誤処理点 P F を補正する。そしてこのような補正処理を施すことにより、図 1 5 ( b ) に示された適正な画像 4 1 を得ることができる。

【0102】

なお、上記のような補正処理は、上記補間処理の前に実行されることが望ましい。

【0103】

また、上記補間処理部50は、他の構成部分と共に一つの筐体に収納され一体としてカメラを構成してもよいし、図16に示されるように、パーソナルコンピュータPCの中で3D位置算出部15と3次元位置合成部17との間に備えられても良い。

【0104】

以上より、本実施の形態2に係る形状計測システム35によれば、上記実施の形態1に係る形状計測システム1と同様な効果を奏すると共に、補間処理部50により3次元位置データが補間され、あるいは補正されるため、さらに高精度な被写体の3次元形状を得ることができる。

【0105】

また、本実施の形態2に係る形状計測システム35によれば、上記のような補間が可能であることから、被写体に所定のパターンを投影するパターン光照射部14の構成を簡易にすることができるため、形状計測システムをより小型化することができる。

【0106】

さらに、本実施の形態2に係る形状計測システム35によれば、上記のような補正が可能であることから、該形状システム35を手で持った状態で被写体を撮像するような場合に生じる手ぶれ等の影響を回避することができ、該被写体のより正確な3次元形状を得ることができる。

【0107】

なお、上記のような形状計測システム35の動作は、ソフトウェアにより実現しても良い点は、上記実施の形態1に係る形状計測システム1と同様である。

〔実施の形態3〕

図17は、本発明の実施の形態3に係る形状計測システムの構成を示すブロック図である。図17に示されるように、本実施の形態3に係る形状計測システム

45は、図1に示された実施の形態1に係る形状計測システム1と同様な構成を有するが、レンズ10aと、絞り機構6aと、撮像素子11aと、CDS回路7aと、A/D変換器12aと、タイミング信号生成回路8aと、IPP回路9aをさらに備える点で相違する。ここで、絞り機構6aとタイミング生成回路8a、及びIPP回路9aはMPU3により制御され、撮像素子11aとCDS回路7a及びA/D変換器12aは、タイミング信号生成回路8aから供給される信号に応じて動作する。また、IPP回路9aは画像メモリ18に接続される。

#### 【0108】

上記のように、本実施の形態3に係る形状計測システム45においては、レンズとCCD等からなる二つの撮像素が、それらの光学中心が異なるように備えられる。なお、該光学中心の位置のずれや光軸相互の角度におけるずれは、予め正確に求められる。

#### 【0109】

上記のような構成を有する本実施の形態3に係る形状計測システム45は、上記実施の形態1に係る形状計測システム1と同様に動作するが、一つの視点において被写体を一度撮像する（シャッタを切る）ことにより、レンズ10及びレンズ10aを介して二つの画像を得ることができるため、一度の撮像により二組の3次元位置データを得ることができる。

#### 【0110】

従って、本実施の形態3に係る形状計測システム45によれば、上記のようにして得られた複数の全3次元位置データを一つの座標系において合成することにより、最終的に得られる被写体の3次元形状を高精度化することができる。

#### 【0111】

なお、上記においては、該撮像素が二つの場合を例示したが、本発明の実施の形態に係る形状計測システムにおいては、該撮像素を三つ以上備えるものも同様に考えることができる。

#### 【0112】

また、上記のような形状計測システム45の動作は、ソフトウェアにより実現できる点は、上記実施の形態1及び2に係る形状計測システム1、35と同様で

ある。

【 0 1 1 3 】

【発明の効果】

上述の如く、本発明に係る形状計測システムによれば、位置情報と撮像された画像とに応じて算出された 3 次元座標により、撮像された対象物の 3 次元形状を得ることによって、簡易な構成により 3 次元形状を高精度に計測することができるため、形状計測システムを小型化することによる計測の容易化と、信頼性の向上が図られた形状計測システムを提供することができる。

【 0 1 1 4 】

また、補間処理を実行する補間手段をさらに備えることとすれば、対象物のより高精度な 3 次元形状を得ることができる。

【 0 1 1 5 】

また、光が照射されていないときに撮像手段により撮像された画像に応じて、対象物の 3 次元画像を生成すれば、実際の対象物に付された模様等をも再現された 3 次元画像を得ることができるため、より再現性の高い対象物の 3 次元画像を得ることができる。

【 0 1 1 6 】

また、本発明に係る形状計測システムによれば、複数の撮像手段により同時に複数の画像を得ることができるため、該複数の画像からそれぞれ 3 次元座標を算出して合成することにより、より高精度な 3 次元形状の計測を実現することができる、形状計測システムの信頼性を高めることができる。

【 0 1 1 7 】

また、上記システムは、対象物を撮像する撮像装置とコンピュータとにより構成することもでき、このようなシステムにおいては、該コンピュータの性能を生かすことによって、より高精度な 3 次元画像を生成することができる。

【 0 1 1 8 】

また、本発明に係る撮像装置によれば、対象物の 3 次元形状を計測するために必要なデータを容易に得ることができる。

【 0 1 1 9 】

また、本発明に係る形状計測方法によれば、位置情報と撮像された画像とに応じて算出された 3 次元座標により、撮像された対象物の 3 次元形状が計測されるため、3 次元形状の高精度な計測を容易に実現することができる。

【0 1 2 0】

また、本発明に係るコンピュータ読み取り可能な記録媒体によれば、該記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータにより実行することによって、3 次元形状の高精度な計測、あるいは高精度な 3 次元画像の生成をソフトウェアにより容易に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態 1 に係る形状計測システムの構成を示すブロック図である。

【図 2】

図 1 に示された形状計測システムを内蔵したカメラの外観を示す図である。

【図 3】

図 1 に示された形状計測システムの動作を説明するフローチャートである。

【図 4】

図 1 に示された形状計測システムによる撮像動作を説明する図である。

【図 5】

図 1 に示された姿勢検出部の構成を示すブロック図である。

【図 6】

図 1 に示された形状計測システムによる姿勢角算出動作を説明する図である。

【図 7】

図 1 に示された形状計測システムによる 3 次元座標の合成動作を説明する第一の図である。

【図 8】

図 1 に示された形状計測システムによる 3 次元座標の合成動作を説明する第二の図である。

【図 9】

図 1 に示された形状計測システムをパーソナルコンピュータ及びカメラにより構成した例を示す図である。

【図 1 0】

図 9 に示されたパーソナルコンピュータ及びカメラの構成を示すブロック図である。

【図 1 1】

図 1 に示された形状計測システムをパーソナルコンピュータ及びカメラにより構成した他の例を示す図である。

【図 1 2】

本発明の実施の形態 1 に係る形状計測方法を実現するためのパーソナルコンピュータを示す図である。

【図 1 3】

本発明の実施の形態 2 に係る形状計測システムの構成を示すブロック図である。

【図 1 4】

図 1 3 に示された形状計測システムによる補間処理を説明する図である。

【図 1 5】

図 1 3 に示された形状計測システムによる補正処理を説明する図である。

【図 1 6】

図 1 3 に示された形状計測システムをパーソナルコンピュータ及びカメラにより構成した例を示す図である。

【図 1 7】

本発明の実施の形態 3 に係る形状計測システムの構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1, 3 5, 4 5 形状計測システム
- 2, 4 カメラ
- 3 MPU (Micro-Processing Unit)
- 5 外部端子

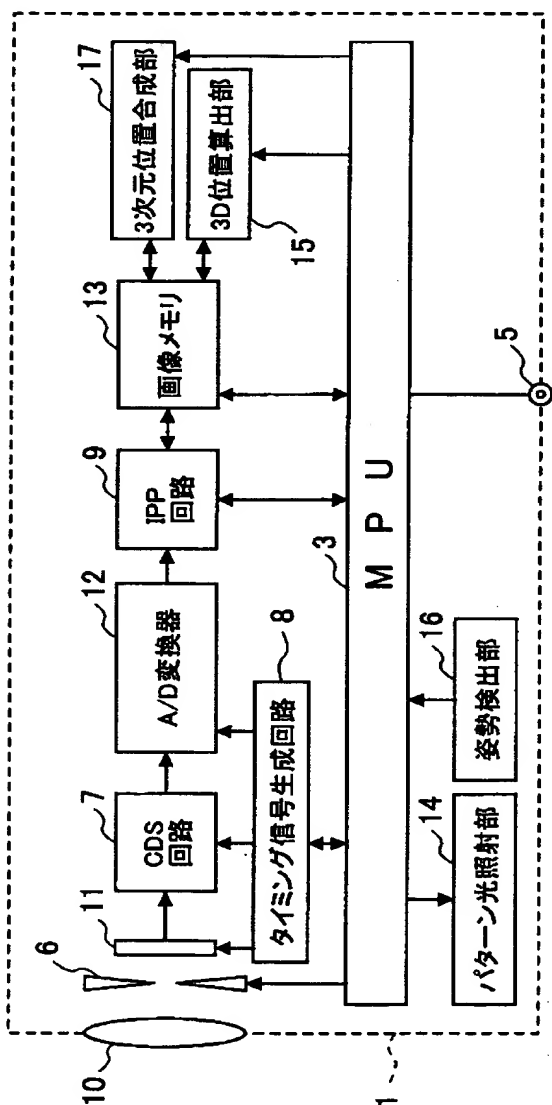
- 6, 6 a 絞リ機構
- 7, 7 a 相関二重サンプリング (Correlated Double Sampling-CDS) 回路
- 8, 8 a タイミング信号生成回路
- 9, 9 a I P P (Image Pre-Processor) 回路
- 1 0, 1 0 a レンズ
- 1 1, 1 1 a 撮像素子
- 1 2, 1 2 a A/D変換器
- 1 3, 1 8 画像メモリ
- 1 4 パターン光照射部
- 1 5 3 D位置算出部
- 1 6 姿勢検出部
- 1 6 a 重力方向検出部
- 1 6 b 重力周り角度検出部
- 1 6 c 姿勢算出部
- 1 7 3次元位置合成部
- 1 9 メモリ/通信インタフェース部
- 2 0 被写体
- 2 1, 3 9, 4 1 画像
- 2 3, 2 5 ベクトル
- 2 7, 2 8, 2 9 点群
- 3 7 補間点
- 5 0 補間処理部
- 5 1 水平面
- 1 7 1 C D-R O M
- 1 7 2 フロッピーディスク
- P C パーソナルコンピュータ

【書類名】

図面

【図 1】

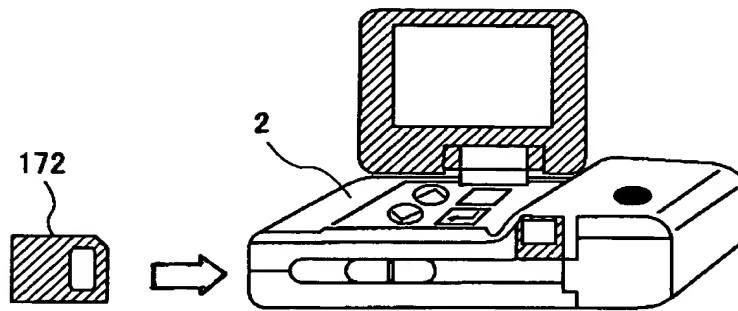
本発明の実施の形態 1 に係る形状計測  
システムの構成を示すブロック図





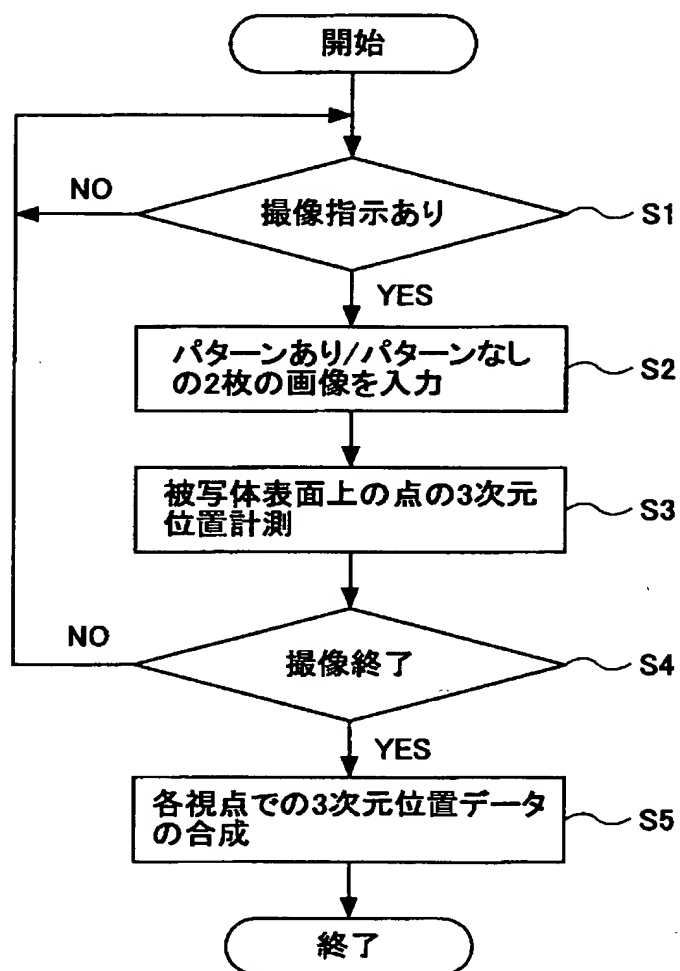
【図 2】

図 1 に示された形状計測システムを内蔵したカメラの外観を示す図



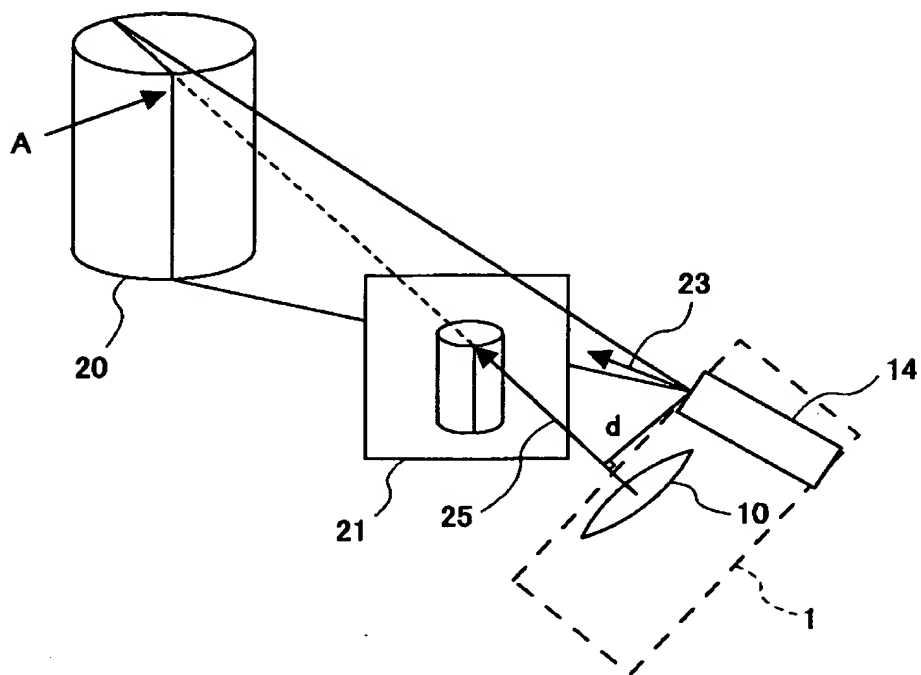
【図 3】

図 1 に示された形状計測システムの動作を説明するフローチャート



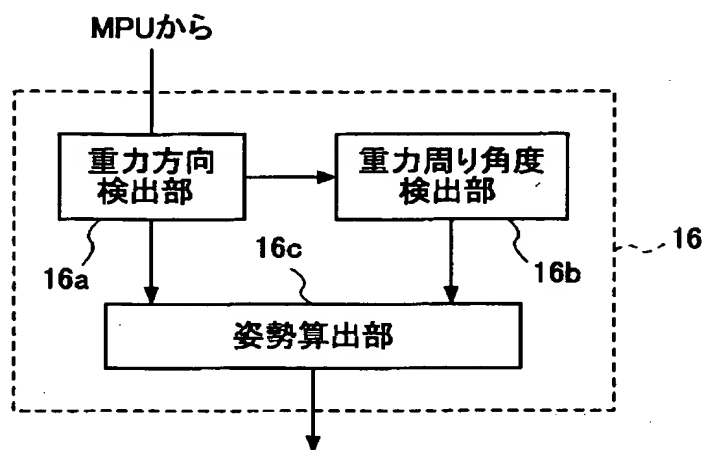
【図 4】

図 1 に示された形状計測システムによる撮像動作を説明する図



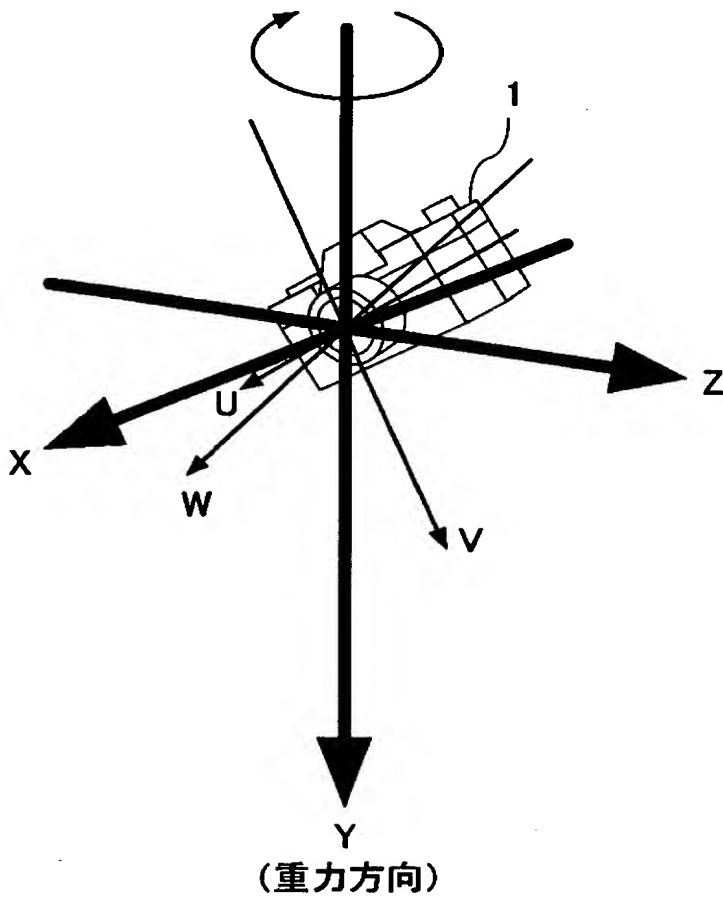
【図 5】

図 1 に示された姿勢検出部の構成を示すブロック図



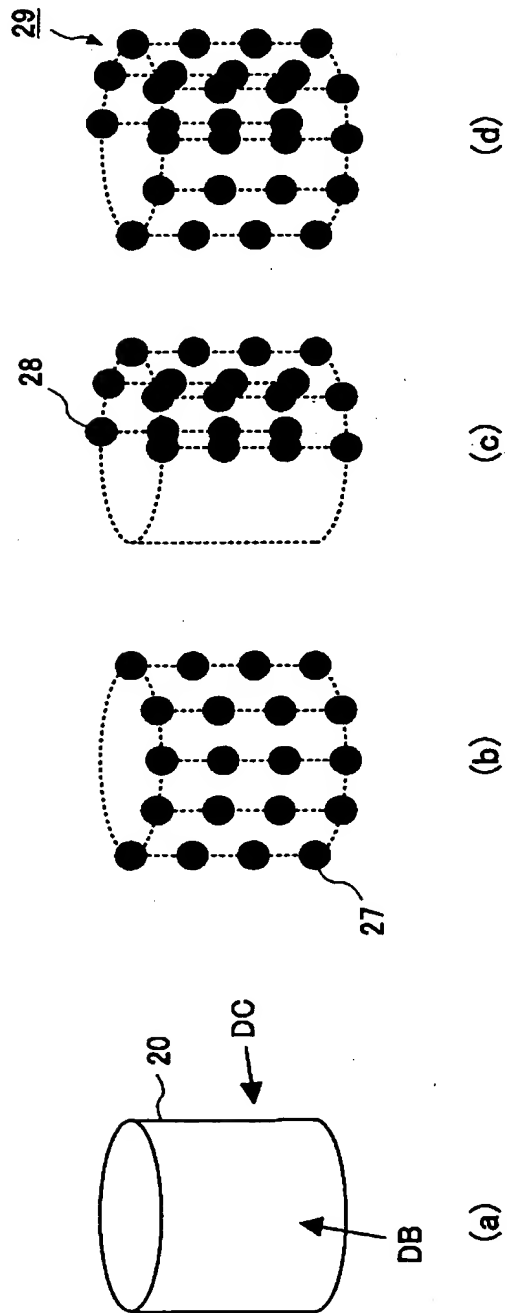
【図 6】

図 1 に示された形状計測システム  
による姿勢角算出動作を説明する図



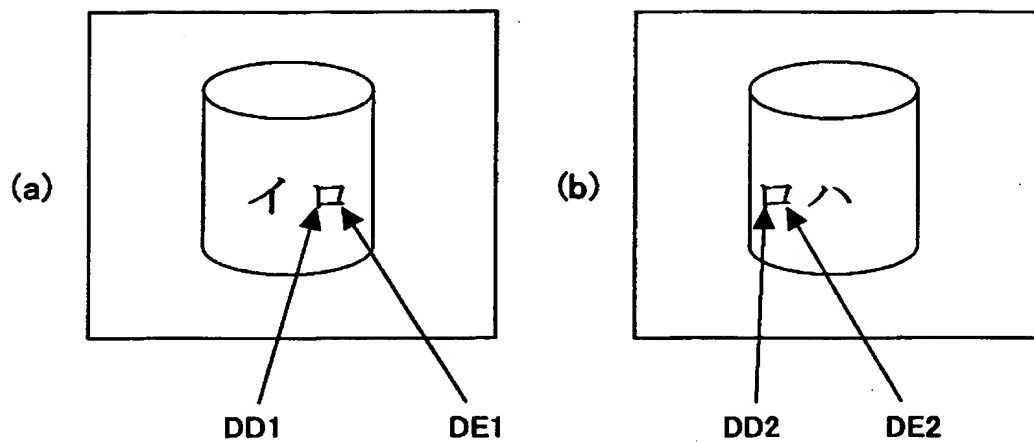
【図 7】

図 1 に示された形状計測システムによる  
3 次元座標の合成動作を説明する第一の図



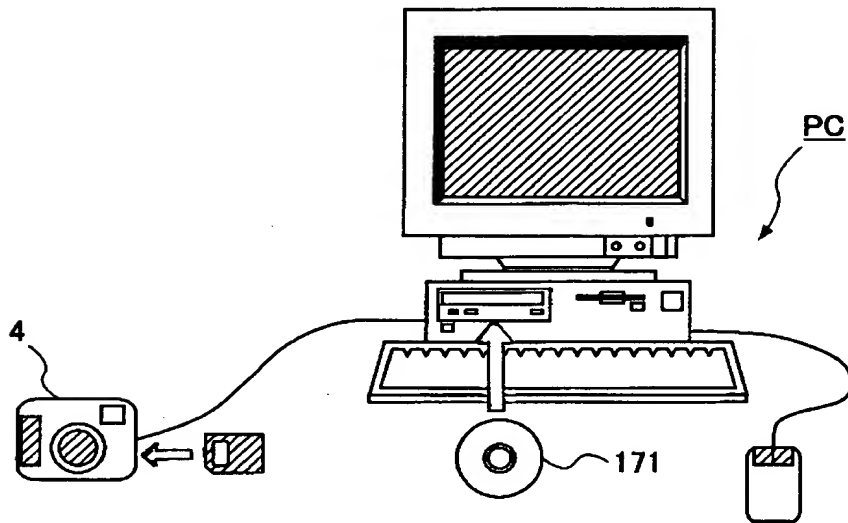
【図 8】

図 1 に示された形状計測システムによる  
3次元座標の合成動作を説明する第二の図



【図 9】

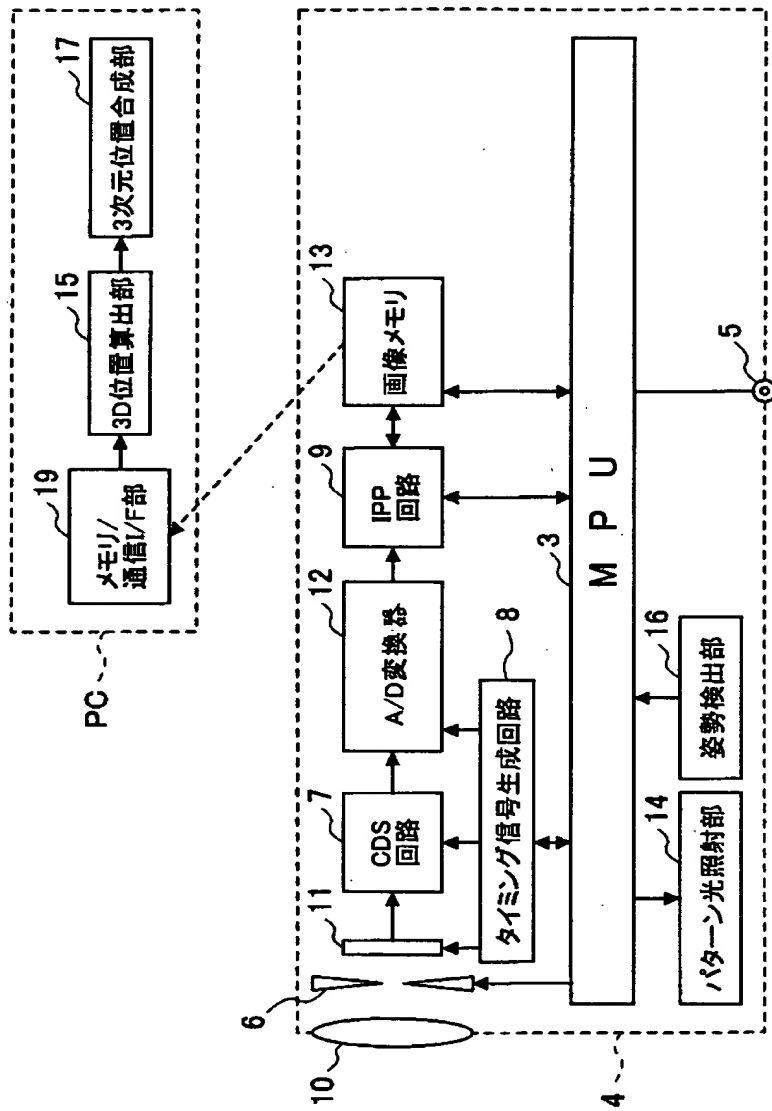
図 1 に示された形状計測システムをパーソナルコンピュータ  
及びカメラにより構成した例を示す図





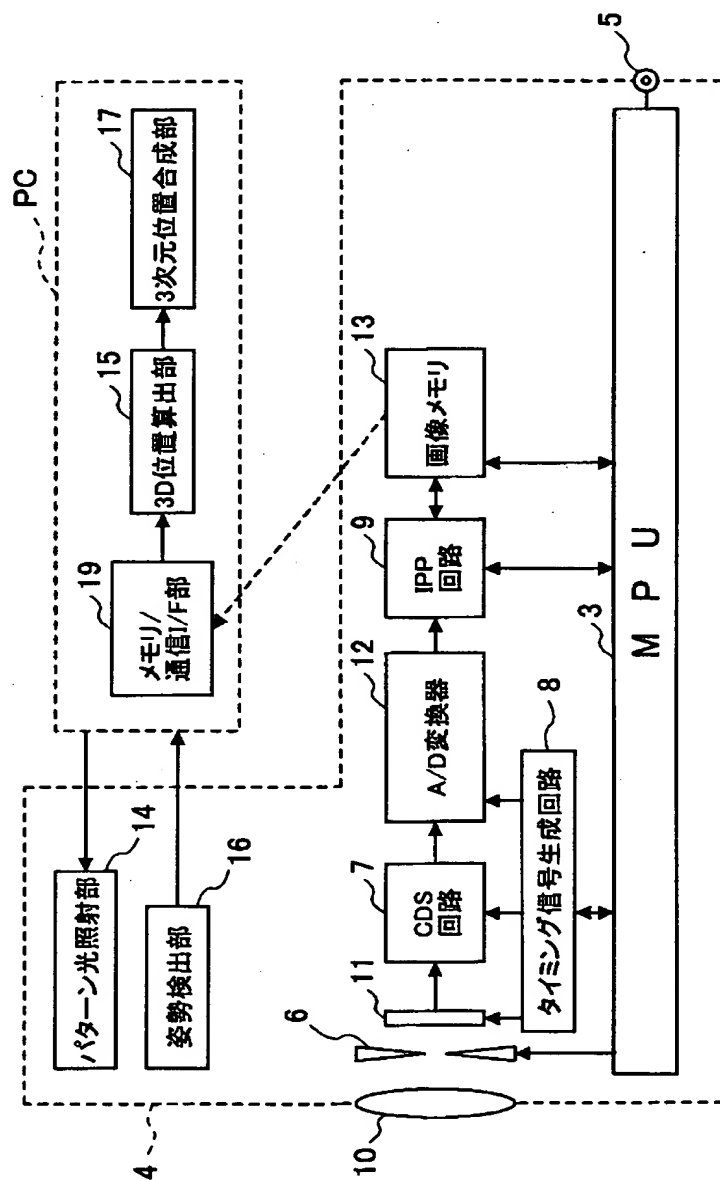
【図10】

図9に示されたパーソナルコンピュータ  
及びカメラの構成を示すブロック図



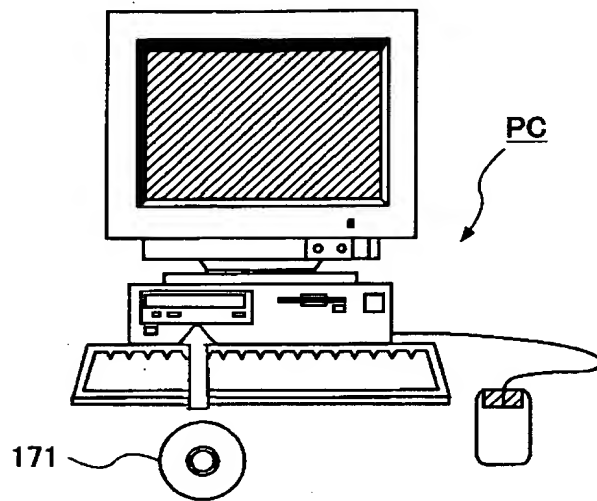
【図 1 1】

図1に示された形状計測システムをパーソナルコンピュータ及びカメラにより構成した他の例を示す図



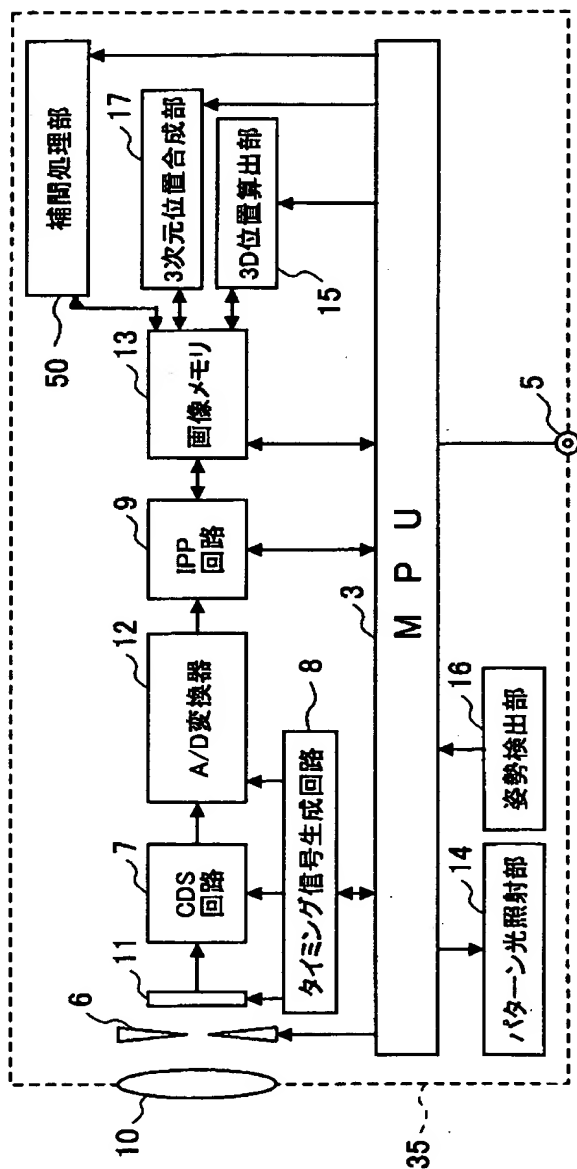
【図 1 2】

本発明の実施の形態 1 に係る形状計測方法を実現  
するためのパーソナルコンピュータを示す図



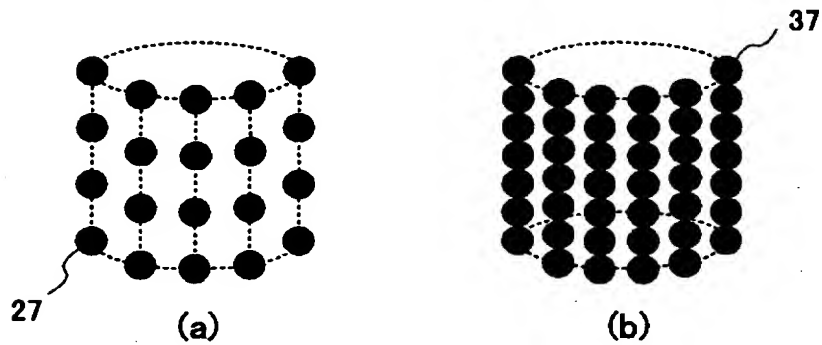
【図 13】

本発明の実施の形態 2 に係る形状計測システムの構成を示すブロック図



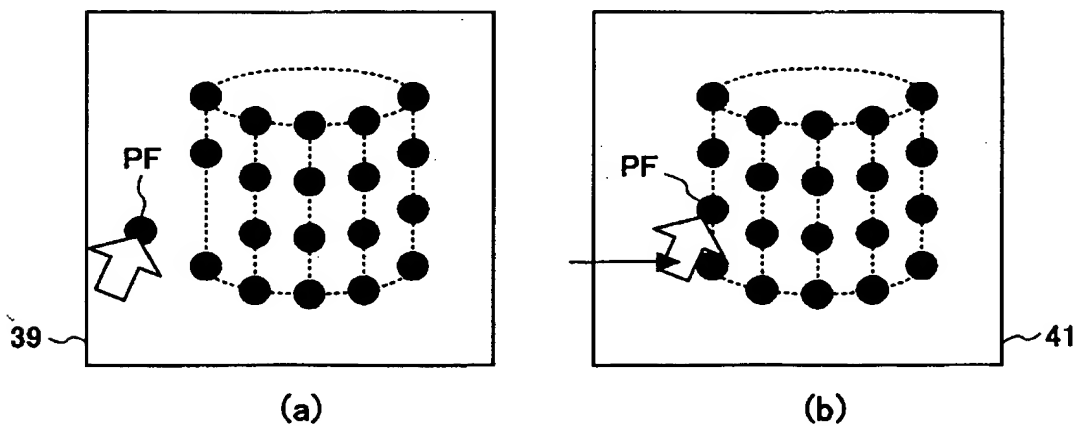
【図 1 4】

図 1 3 に示された形状計測システムによる補間処理を説明する図



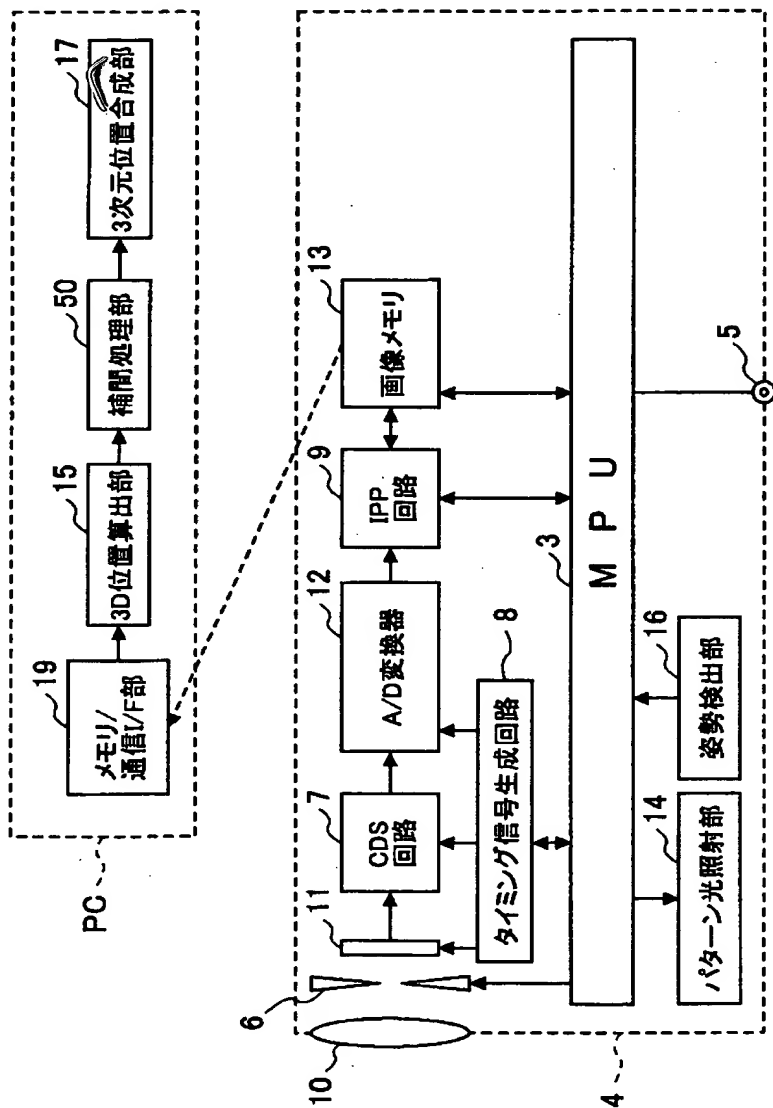
【図 1 5】

図 1 3 に示された形状計測システムによる補正処理を説明する図



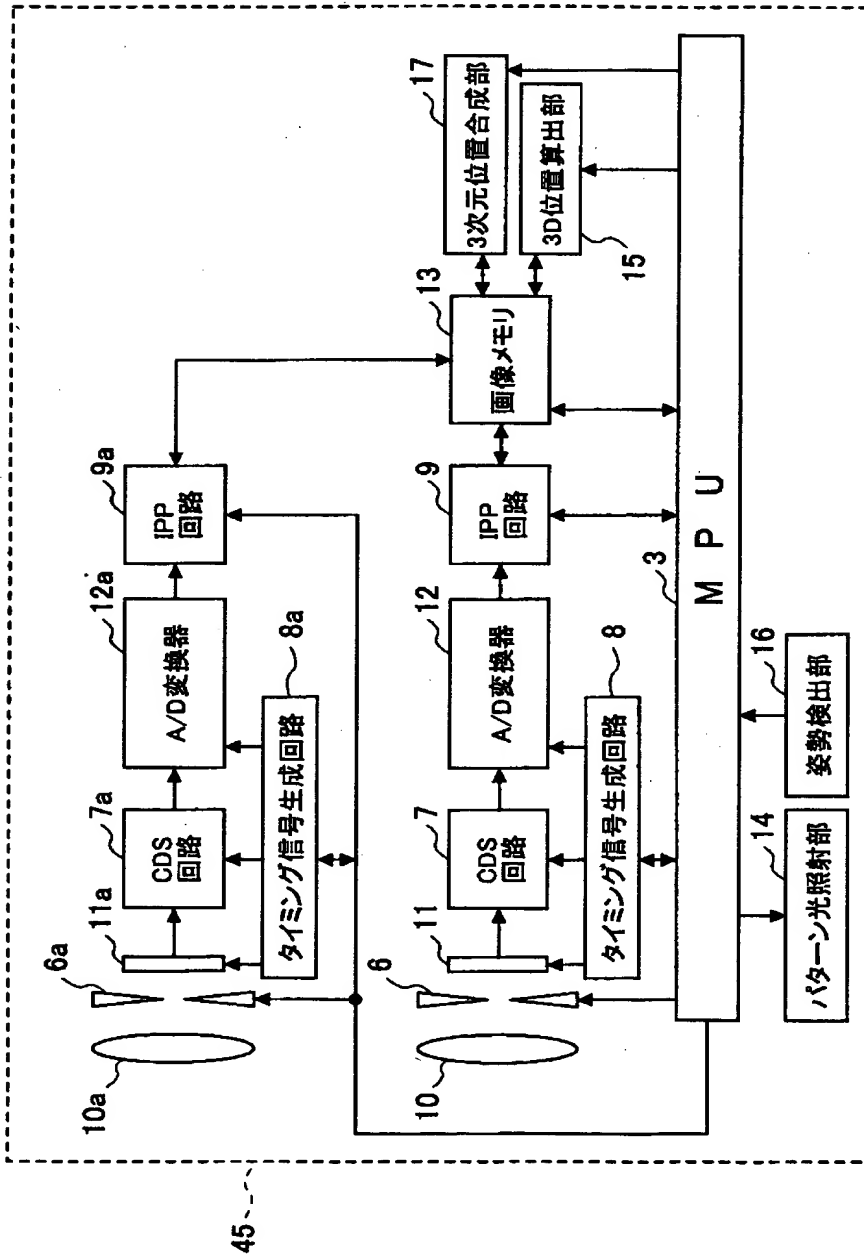
【図 16】

図 13 に示された形状計測システムをパーソナルコンピュータ  
及びカメラにより構成した例を示す図



【図 17】

本発明の実施の形態 3 に係る形状計測  
システムの構成を示すブロック図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 汎用性及び精度が高められた 3 次元形状の計測を実現すると共に、全体が小型化されコストが低減された形状計測システムと撮像装置、形状計測方法及び記録媒体を提供する。

【解決手段】 対象物を撮像する位置を検出して、該位置を特定する位置情報を生成する姿勢検出部 1 6 と、位置情報と該位置情報により特定される位置において撮像された画像とに応じて、対象物を構成する各点の 3 次元座標を算出する 3 次元位置算出部 1 5 と、パターン光照射部 1 4 により光が照射された対象物が少なくとも 2 つの異なる位置から撮像されることにより得られた各画像に基づいてそれぞれ算出された該各点に対する少なくとも 2 つの 3 次元座標に応じて、該各点を一つの座標系における座標により表現することにより、対象物の 3 次元画像を生成する 3 次元位置合成部 1 7 とを備えたことを特徴とする形状計測システム 1 を提供する。

【選択図】 図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006747]

1. 変更年月日 1990年 8月24日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
氏 名 株式会社リコー